



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

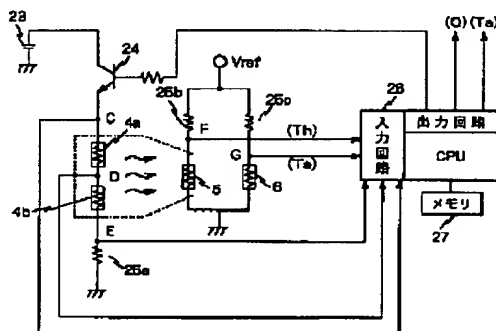
(11) Publication number: **11083580 A**(43) Date of publication of application: **26 . 03 . 99**(51) Int. Cl. **G01F 1/68**(21) Application number: **09246475**(22) Date of filing: **11 . 09 . 97**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor:  
**YAMADA MASAMICHI  
UCHIYAMA KAORU  
WATANABE IZUMI  
NAKADA KEIICHI****(54) THERMAL TYPE AIR FLOW SENSOR****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve air temperature dependency and mechanical strength by constituting electrical heating and temperature-sensing resistors with a dope-treated polycrystalline silicon semiconductor thin film and setting the impurity concentration of the electrical heating resistor at least at a specific value and increasing it as compared with that of the temperature-sensing resistor.

**SOLUTION:** Electrical heating resistors 4a and 4b have larger impurity concentration, at least  $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , for temperature-sensing resistors 5 and 6. The voltage of terminals F and G of a bridge circuit including the temperature-sensing resistors 5 and 6 and resistors 25b and 25c is inputted to a control circuit 26, and a temperature  $T_h$  of the temperature-sensing resistor 5 heated by the electrical heating resistors 4a and 4b is controlled to be higher than a temperature  $T_a$  of an air temperature-sensing resistor 6 by a constant value by the control circuit 26. When the temperature of the temperature-sensing resistor 5 is lower than a set value, a transistor 24 is turned on and a heating current flows to the electrical heating resistors 4a and 4b. When the temperature becomes high, the transistor 24 is turned off. The heating current value of the electrical heating resistors 4a and 4b is an air flow rate. On the other hand, the direction of an air flow can be detected by comparing the temperatures of the

electrical heating resistors 4a and 4b, thus achieving an accurate flow detection for detecting the direction of the air flow without being affected even if an air temperature changes.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 F 1/68

識別記号

F I

G 0 1 F 1/68

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-246475

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 山田 雅通

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 内山 薫

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72) 発明者 渡辺 泉

茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社日立カーエンジニアリング内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

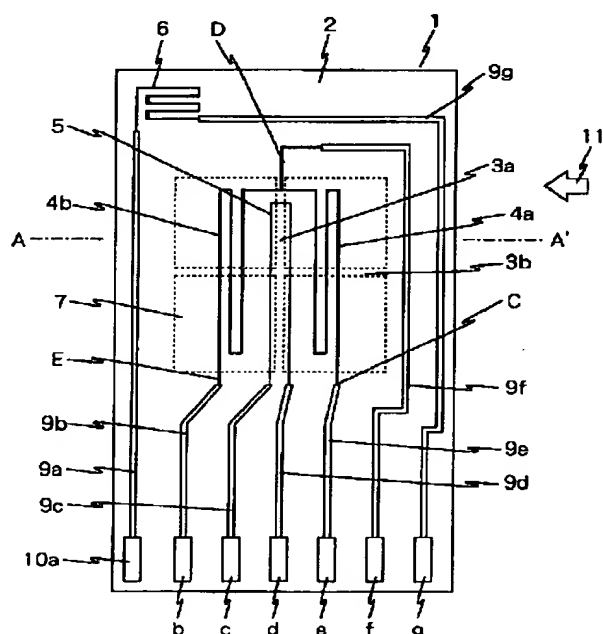
(54) 【発明の名称】 熱式空気流量センサ

(57) 【要約】

【課題】 空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサを低コストで提供する。

【解決手段】 半導体基板上に電気絶縁膜を介して少なくとも発熱抵抗体及び測温抵抗体を形成して、発熱抵抗体及び測温抵抗体をドーパ処理された多結晶ケイ素 (Si) 半導体薄膜で構成し、発熱抵抗体の不純物濃度を  $3 \times 10^{19} (\text{cm}^{-3})$  以上で且つ測温抵抗体の不純物濃度より大きくし、更に、電気絶縁膜下面の空洞上の電気絶縁膜を半導体基板に所定の深さに不純物をドーパ処理され空洞周辺部から突き出た梁状の支持部により支持補強したことにより、空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサ。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に電気絶縁膜を介して少なくとも発熱抵抗体及び測温抵抗体を形成して空気流量を計測する熱式空気流量センサにおいて、前記発熱抵抗体及び測温抵抗体をドーブ処理された多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜で構成し、且つ前記発熱抵抗体の不純物濃度を前記測温抵抗体の不純物濃度より大きくしたことを特徴とする熱式空気流量センサ。

【請求項2】請求項1に記載の発熱抵抗体のドーブ処理された多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜の不純物濃度が  $3 \times 10^{19}$  (cm<sup>3</sup>) 以上であることを特徴とする熱式空気流量センサ。

【請求項3】上面に電気絶縁膜が形成され且つ該電気絶縁膜境界面より下面に至る空洞を有する半導体基板と、前記空洞上の電気絶縁膜上に少なくとも発熱抵抗体を形成して空気流量を計測する熱式空気流量センサにおいて、前記空洞上の電気絶縁膜を前記半導体基板から構成された空洞周辺部から突き出た梁状の支持部により支持補強したことを特徴とする熱式空気流量センサ。

【請求項4】請求項3において、前記梁状の支持部は、前記半導体基板の上面に所定の深さに不純物をドーブ処理された層より構成されてなることを特徴とする熱式空気流量センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱式空気流量センサに係り、特に内燃機関の吸入空気量を測定するのに好適な熱式空気流量センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より自動車などの内燃機関の電子制御燃料噴射装置に設けられ吸入空気量を測定する空気流量センサとして、熱式のもの質量空気量を直接検知できることから主流となってきた。この中で特に、半導体マイクロマシニング技術により製造された空気流量センサが、コストが低減でき且つ低電力で駆動することが出来ることから注目されてきた。このような従来の半導体基板を用いた熱式空気流量センサとしては、例えば、特表平3-502966号公報および特開平8-54269号公報に開示されている。上記特開平8-54269号公報に記載の技術では、発熱抵抗体として耐熱性および材料コストの利点から多結晶ケイ素（ポリシリコン）が使用されているが、吸入空気量の測定に際して、空気温度の温度依存に関して考慮されておらず流量計測精度が十分でないこと、また、発熱抵抗体を支持する電気絶縁膜の機械強度等に問題があった。また、特表平3-502966号公報に記載の技術では、発熱抵抗体の他に空気温度計測抵抗体を設け空気温度の温度依存に考慮しているが、発熱抵抗体を支持する電気絶縁膜の機械強度が十分でないという問題があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術には次のような課題がある。上記特開平8-54269号公報においては、半導体基板上に電気絶縁膜を介して発熱抵抗体として多結晶ケイ素（ポリシリコン）が使用されているが、空気温度を検出する為の空気温度測温抵抗体が形成されていない為に空気温度が変化した場合に被測定空気流量に対応した出力が誤差を持つという問題がある。

【0004】また、発熱抵抗体が形成された電気絶縁膜（ダイアフラム）は、半導体基板との熱絶縁を図り且つ応答性を高めるために熱容量を小さくするために全厚が数ミクロンと薄く構成され、且つ半導体基板上に構成された空洞を架橋されている。このため、発熱抵抗体が加熱冷却を繰り返した場合また空気流が増大した場合には、前記電気絶縁膜に応力が多大に加わり破壊される可能性がある。

【0005】一方、特表平3-502966号公報に記載の従来技術では、以下の様な問題がある。図12に、特表平3-502966号公報のFig.2に記載の空気流量センサの縦断面を示す。図12の2が半導体基板、3は空洞8の周辺部を囲む半導体基板2に所定の厚みで不純物ドーブ処理して形成したドーブ層（リム）で、15、12a、12bが電気絶縁膜、4が発熱抵抗体、5c、5d、6a、6bが測温抵抗体である。

【0006】この様に構成された従来の空気流量センサは、空気温度を6a、6bの測温抵抗体により計測し、計測された空気温度より発熱抵抗体4および発熱抵抗体の温度を計測する測温抵抗体5dが一定温度高くなるように発熱抵抗体に加熱電流が供給される。測温抵抗体5cは、空気温度となる測温抵抗体6aと空気温度より一定温度高く設定された発熱抵抗体4の中間に位置し、空気温度と発熱抵抗体4の加熱温度間の温度勾配の一点の温度を検知するように配置される。空気流は図12の11に示す様に左から右に流れ、空気流量が増大すると測温抵抗体5cが位置する部分の温度勾配が変化し、測温抵抗体5cが空気流により冷却され温度が低下する。この測温抵抗体5cの温度変化を空気温度と比較（温度差）して空気流量を検出する。空気流量は測温抵抗体5cの温度と空気温度を示す測温抵抗体6aの温度差から検出されるので空気温度が変化した場合の影響を低減することが出来る。

【0007】しかし、抵抗体4、5c、5dが形成された電気絶縁膜12a、12bは、半導体基板2との熱絶縁を図り且つ応答性を高めるために熱容量を小さくするために全厚が数ミクロンと薄く構成され、且つ空洞8を架橋されている。空洞8の周辺部が半導体基板2に所定の厚みで不純物ドーブ処理して形成したドーブ層（リム）により囲まれてはいるが、空洞8上の電気絶縁膜12a、12bは薄く構成されたままであり、発熱抵抗体が加熱冷却を繰り返した場合また空気流が増大した場合には、前記電気絶縁膜に応力が多大に加わり破壊される

可能性がある。

【0008】従って、本発明の目的は、従来技術の課題を解決した空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサを低コストで提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、半導体基板上に電気絶縁膜を介して少なくとも発熱抵抗体及び測温抵抗体を形成して空気流量を計測する熱式空気流量センサにおいて、前記発熱抵抗体及び測温抵抗体をドーブ処理された多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜で構成し、前記発熱抵抗体の不純物濃度を $3 \times 10^{19}$ （ $\text{cm}^{-3}$ ）以上とし、且つ、前記測温抵抗体の不純物濃度より大きくし、更に、前記半導体基板は前記電気絶縁膜境界面より下面に至る空洞を有し、前記空洞上の電気絶縁膜を前記半導体基板に所定の深さに不純物をドーブ処理され空洞周辺部から突き出た梁状の支持部により支持補強したことにより、空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサを低コストで提供できる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。

【0011】図1は、本発明の第一の実施例の熱式空気流量センサ素子1を示す平面図、図2は、図1の測定素子1のA-A'断面図である。

【0012】図1、図2において、素子1は、シリコン等の半導体基板2、電気絶縁膜12（12a、12b）の下面の半導体基板2を不純物ドーブ処理したドーブ層3、ドーブ層3と同じ構成材からなり空洞8上の電気絶縁膜7を支持補強するために十字形の梁状の支持部3a、3b、電気絶縁膜12a上に形成された上流側発熱抵抗体4aと下流側発熱抵抗体4b、発熱抵抗体の温度を検知するための測温抵抗体5、基板2の先端部に形成された空気温度を計測する為の空気温度測温抵抗体6、素子1の信号を外部回路と接続するための端子電極10（10a、10b、10c、10d、10e、10f、10g）、各抵抗体と端子電極10を接続するための配線接続部9（9a、9b、9c、9d、9e、9f、9g）、各抵抗体を保護するための電気絶縁膜12bよりなる。ここで、各抵抗体4a、4b、5、6は不純物ドーブ処理された多結晶ケイ素（Si）半導体薄膜よりなり、発熱抵抗体4a、4bは測温抵抗体5、6に対して不純物濃度が大きく、且つ、不純物濃度が $3 \times 10^{19}$ （ $\text{cm}^{-3}$ ）以上となるように形成されている。

【0013】本発明の実施例である熱式空気流量センサは、以下の様な動作を行う。

【0014】一対の上下流側発熱抵抗体4a、4bは、電気的に直列接続されており、接続点（中間タップ）Dは配線接続部9fにより端子電極10fに接続されている。空洞8により熱絶縁された電気絶縁膜12a上に形成された前記一対の発熱抵抗体4a、4bには、発熱抵

抗体4a、4bの温度を検出する測温抵抗体5の温度が空気流11の温度を示す空気温度測温抵抗体6の温度より一定温度高くなるように、加熱（傍熱）電気が流されている。

【0015】空気流11の方向は、測温抵抗体5に対して対称に形成された発熱抵抗体4aおよび4bの温度（抵抗値）を比較することにより検知される。つまり、発熱抵抗体4a、4bは、空気流が零のときは測温抵抗体5の温度とほぼ同じ温度を示し、温度差が生じない。一方、図1の空気流11の方向（順流）ではおもに上流側に配置された発熱抵抗体4aの方が下流側に配置された発熱抵抗体4bより空気流11による冷却効果が大きいこと、また、発熱抵抗体4a、4bは直列接続であり同じ加熱電流が流れていることから発熱量はほぼ一定であることから、上流側の発熱抵抗体4aの温度が発熱抵抗体4bの温度より低い値となる。また、空気流11が図1の方向と反対（逆流）のときには、今度は下流側の発熱抵抗体4bの温度の方が上流側の発熱抵抗体4aの温度より低くなる。このように、発熱抵抗体4a、4bの温度（抵抗値）を比較することにより空気流11の方向が検知できる。

【0016】一方、空気流量の計測は、測温抵抗体5の空気温度測温抵抗体6より一定温度高く制御するために、発熱抵抗体4a、4bに流す加熱（傍熱）電流値より計測する。この様に、本実施例では空気流の方向と流量の検出が可能となっている。図3は、図1の素子1を実装した熱式空気流量センサの実施例を示す断面図である。例えば、自動車等の内燃機関の吸気通路に実装した熱式空気流量センサの実施例を示す断面図である。熱式空気流量センサは、図のように、素子1と支持体19と外部回路20とを含み構成される。そして吸気主通路17の内部にある副通路18に素子1が配置される。外部回路20は支持体19を介して素子1の端子電極10に電気的に接続されている。ここで、通常では吸入空気は11で示された方向に流れており、ある内燃機関の条件によって11とは逆の方向（逆流）に吸入空気が流れる。

【0017】図4は、図3の素子1および支持体19の拡大図である。図4に見るように、素子1は、支持体19上に固定され、更に、アルミナ等の電気絶縁基板上に端子電極21および信号処理回路が形成された外部回路20が、同じく支持体19上に固定される。この素子1と外部回路20は、端子電極10および21間を金線22等でワイヤボンディングにより電気的に接続された後、前記の金線22、電極端子10、21や外部回路20を保護するために上側から支持体19（図示せず）により密封保護される。

【0018】次に、図5を参照し、本発明の実施例の回路動作について説明する。図5は、図1の素子1の抵抗体4a、4b、5、6と信号処理のための外部回路20を示したものである。図中、23は電源、24は発熱抵

抗体 4 a, 4 b に加熱(傍熱)電流を流すためのトランジスタ、25 a, 25 b, 25 c は抵抗、26 は A/D 変換器等を含む入力回路と D/A 変換器等を含む出力回路と演算処理等を行う CPU からなる制御回路、27 はメモリ回路である。

【0019】ここで、測温抵抗体 5, 空気温度測温抵抗体 6, 抵抗 25 b, 25 c よりなるブリッジ回路の端子 F, G の電圧が制御回路 26 に入力され、発熱抵抗体 4 a, 4 b により傍熱された測温抵抗体 5 の温度 ( $T_h$ ) が空気温度に対応する空気温度測温抵抗体 6 の温度 ( $T_a$ ) よりある一定値 (例えば  $\Delta T_h = 150^\circ\text{C}$ ) 高くなるよう各抵抗値が設定され制御回路 26 により制御される。測温抵抗体 5 の温度が設定値より低い場合には、制御回路 26 の出力によりトランジスタ 24 がオンし発熱抵抗体 4 a, 4 b に加熱電流が流れ、設定温度より高くなるとトランジスタ 24 がオフするように制御し設定値に一定になるよう制御される。このときの発熱抵抗体 4 a, 4 b に流す加熱電流値 (抵抗 25 a の電位 E に対応) が空気流量 ( $Q$ ) となる。

【0020】一方、空気流の方向は、発熱抵抗体 4 a, 4 b の温度差より検出する。前記したように測温抵抗体 5 はある一定の基準温度 ( $T_h = T_a + \Delta T_h$ ) に設定されている。発熱抵抗体 4 a, 4 b は直列接続されており同じ加熱電流が流れる構成であることから、空気流が順流の場合には、上流側の発熱抵抗体 4 a がより空気流により熱を奪われることから温度が低くなる。一方、空気流が逆流の場合には、今度は逆に発熱抵抗体 4 b の温度が低くなる。つまり、発熱抵抗体 4 a, 4 b の温度 (抵抗値) を比較することにより、空気流の方向が検知できる。

【0021】図 5 の回路では、発熱抵抗体 4 a, 4 b の温度 (抵抗値) の比較を、直列接続された各抵抗体の両端の電位により行う。上流側の発熱抵抗体 4 a の温度に対応するのは図 5 の C, D 点間の電位差であり、下流側の発熱抵抗体 4 b の温度に対応するのは D, E 間の電位差である。従って、前記の C, D, E 点の電位を制御回路 26 に入力することにより各発熱抵抗体に対応する電位差から空気流の方向が検知される。

【0022】上記のように空気温度測温抵抗体 6 および測温抵抗体 5 を追加して構成することにより、従来例の熱式空気流量センサでは発熱抵抗体のみで構成されていたのに対して空気温度が変化したとしても影響を受けず空気流の方向をも検知する高精度の流量検出が可能となる。

【0023】次に、本実施例の熱式空気流量センサ素子の製造工程の具体例について、図 6 を参照して説明する。

【0024】図 6 (a) にて、シリコン半導体基板 2 の上下面に熱酸化処理により二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) 層 13, 14 を約 0.3 ミクロン厚に形成する。

【0025】次に (b) にて、上面の二酸化ケイ素層 13 を公知のホトリソグラフィ技術によりレジストを所定の形状に形成した後反応性イオンエッチング等の方法によりエッチングした後、二酸化ケイ素層 13 をマスクとしてシリコン半導体基板 2 の表面に約 5 ミクロンの深さ迄 P (燐) あるいは B (ボロン) 等の不純物を熱拡散あるいはイオン打ち込み等の方法によりドーブ処理しドーブ層 3, 3 a を形成する。

【0026】(c) では、二酸化ケイ素層 13, 14 をエッチングにより取り除いた後、再度、シリコン半導体基板 2 の上下面に二酸化ケイ素層よりなる電気絶縁膜 12 a, 15 を約 0.5 ミクロン厚形成する。ここで、シリコン半導体基板 2 の上面形成した電気絶縁膜 12 a としては、前記の二酸化ケイ素以外の構成材でも可能である。例えば、機械強度が高く熱膨張係数がシリコン半導体基板 2 より若干大きい窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を用いても、或いは熱膨張係数がシリコン半導体基板 2 の 1/10 である二酸化ケイ素と熱膨張係数がシリコン半導体基板 2 より若干大きい窒化ケイ素の多層構成とし熱膨張係数のマッチングを図った構成とすることにより、温度変化によるシリコン半導体基板 2 と電気絶縁膜 12 a 間の熱応力が低減でき強度向上が図られる。

【0027】(d) では、電気絶縁膜 12 a 上に発熱抵抗体 4 a, 4 b と測温抵抗体 5, 6 とし多結晶ケイ素 ( $\text{Si}$ ) 半導体薄膜を約 1 ミクロンの厚さで CVD 等の方法で形成後、公知のホトリソグラフィ技術によりレジストを所定の形状に形成した後反応性イオンエッチング等の方法により半導体薄膜をパターンニングする。ここで、多結晶ケイ素 ( $\text{Si}$ ) 半導体薄膜は、プラズマを用いた LPCVD あるいは電子サイクロトロン共鳴を用いた ECR-PCVD, マイクロ波を用いた CVD 等の方法にて形成する。原料ガスは、モノシラン ( $\text{SiH}_4$ ), ホスフィン ( $\text{PH}_3$ ), 水素 ( $\text{H}_2$ ) を用い、不純物ドーブ材としての燐 (P) の量はホスフィン ( $\text{PH}_3$ ) ガスの流量により制御でき、不純物濃度としては  $3 \times 10^{19} (\text{cm}^{-3})$  以下になるように制御する。ここで、不純物ドーブ処理は上記以外の方法でも可能であり、未ドーブ処理の多結晶ケイ素 ( $\text{Si}$ ) 半導体薄膜を形成した後、熱拡散あるいはイオン打ち込み等の方法により不純物のドーブ処理を行っても良い。

【0028】次に (e) では、発熱抵抗体 4 a, 4 b の不純物濃度を  $3 \times 10^{19} (\text{cm}^{-3})$  以上に高めるために更に不純物ドーブ処理を加える。発熱抵抗体 4 a, 4 b 以外の測温抵抗体 5, 6 は、二酸化ケイ素等のマスク材 16 により被覆された後、発熱抵抗体 4 a, 4 b に対して熱拡散あるいはイオン打ち込み等の方法により更に P (燐) 等の不純物ドーブ処理がなされ不純物濃度を  $3 \times 10^{19} (\text{cm}^{-3})$  以上の高濃度にドーブ処理された発熱抵抗体 4 a, 4 b が得られる。その後、図示していないが端子電極 10 (10 a, 10 b, 10 c, 10 d, 10

e, 10f, 10g)、各抵抗体と端子電極10を接続するための配線接続部9(9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f, 9g)が、アルミニウム、金等で形成される。

【0029】(f)では、端子電極10以外の部分を保護する為に電気絶縁膜12bを先の電気絶縁膜12aと同様に約0.5ミクロンの厚さに形成する。次に、シリコン半導体基板2に空洞8を形成する為に、エッチングのマスク材15の所定の形状にパターンニングし半導体基板2のエッチング部のみを露出させる。マスク材としては二酸化ケイ素あるいはよりエッチング選択比の高い窒化ケイ素等が用いられる。

【0030】(g)では、最後に、シリコン半導体基板2の裏面より二酸化ケイ素あるいは窒化ケイ素等をマスク材16として、水酸化カリウム(KOH)等のエッチング液を用いて異方性エッチングすることにより空洞8を形成する。ここで、シリコンよりなる半導体基板2のエッチング速度は不純物濃度に依存しており、不純物濃度が高くなるとエッチング速度が遅くなることから、不純物ドーブ処理されたドーブ層3および空洞8上の電気絶縁膜7を支持補強するために十字形の梁状の支持部3a, 3bを残して空洞8領域のシリコン半導体基板2だけがエッチングされる。前記の不純物ドーブ処理された十字形の梁状の支持部3a, 3bは、幅が約5~30ミクロンで厚みが約2~5ミクロンであり機械強度が十分保てるよう選択される。

【0031】上記実施例の不純物はP(燐)としたが、同じくn形の不純物としてはN(窒素), Sb(アンチモン), As(ヒ素)あるいはp形の不純物としてはAl(アルミニウム), B(ボロン)等を用いても良い。

【0032】上記の様に構成したことにより、発熱抵抗体4a, 4bおよび測温抵抗体5が形成された空洞8上の電気絶縁膜7は、半導体基板2との熱絶縁を図り且つ応答性を高めるために熱容量を小さくするために全厚が\*

$$R=R_0(1+\alpha(T+T_0))$$

ここで、Rは温度(T)における半導体膜の抵抗値、R<sub>0</sub>は温度(T<sub>0</sub>)における半導体膜の抵抗膜、αは抵抗温度係数である。抵抗温度係数(α)が大きいほうが温度に対しての抵抗値の変化が大きくとれることから、測温抵抗体5, 6としては抵抗温度係数(α)が大きいほうが検出感度が上がり空気流量の測定精度が向上することから望まれる。測温抵抗体5, 6としては、図8で示される領域30の抵抗温度係数(α)が1000(×10<sup>-6</sup>/℃)以上で、図7で見れば不純物濃度を3×10<sup>19</sup>(cm<sup>-3</sup>)以下の30の領域が選択される。

【0037】一方、発熱抵抗体4a, 4bとしては、前記の測温抵抗体5, 6と同じ不純物濃度領域30では抵抗率(ρ)が大きくなり過ぎる。所望の温度(例えば200℃)に発熱抵抗体4a, 4bを加熱しようとする、発熱抵抗体4a, 4bの抵抗値が大きくなり高い駆

\*約1ミクロンと薄く構成された場合においても、電気絶縁膜7を支持補強するために形成された不純物ドーブ処理された十字形の梁状の支持部3a, 3bにより半導体基板2と一体化されたことにより、発熱抵抗体4aが加熱冷却を繰り返した場合また空気流が増大した場合における応力が多大に加わった場合においても機械強度が十分保てる。

【0033】また、発熱抵抗体4a, 4b及び測温抵抗体5, 6をドーブ処理された多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜で構成し、発熱抵抗体4a, 4bの不純物濃度を3×10<sup>19</sup>(cm<sup>-3</sup>)以上とし、且つ、前記測温抵抗体5, 6の不純物濃度より大きく構成したことにより、発熱抵抗体4a, 4bの抵抗率(ρ)を比較的小さく出来ることから発熱抵抗体の抵抗値の設計自由度が向上するとともに、測温抵抗体5, 6の抵抗温度係数(α)を比較的大きく保つことが出来、測温感度の向上が図られる。更に、上記の発熱抵抗体4a, 4bと測温抵抗体5, 6を、各々不純物濃度を変えた多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜で構成したことにより、高価な白金等の様に別個の材料で構成する必要がなく、一括して同時に多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜を形成できるので低コストな熱式空気流量センサが提供できる。

【0034】図7は、多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜の抵抗率(ρ)と不純物濃度の関係を示したものである。また、図8は、多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜の抵抗温度係数(α)と抵抗率(ρ)の関係を示したものである。図7, 図8を見て分かるように、不純物濃度が高くなるに従い多結晶ケイ素(Si)半導体薄膜の抵抗率(ρ)および抵抗温度係数(α)ともは小さくなる。

【0035】多結晶ケイ素(Si)半導体膜は一般的にサーミスタ的な抵抗-温度特性を示すが、温度範囲が比較的狭く且つ不純物ドーブ処理された場合には金属的な抵抗-温度特性(1)式を示す。

【0036】

$$\dots (1)$$

動電圧が必要となり十分に加熱出来ないという問題が生ずる。発熱抵抗体4a, 4bの抵抗値を下げるためには、多結晶ケイ素(Si)半導体膜の膜厚を厚くする対応が考えられるが、膜厚を厚くすると所望のパターンに精度良くエッチングすることが難しくなり材料コストの面からも好ましくない。エッチングが精度良く実現出来る多結晶ケイ素(Si)半導体膜の膜厚は約1ミクロンが限界であり、この厚さで10ボルト以下の駆動電圧で駆動出来る発熱抵抗体4a, 4bの抵抗値は1kΩ以下であり、図7の領域29で示した不純物濃度が3×10<sup>19</sup>(cm<sup>-3</sup>)以上で抵抗率(ρ)が30(×10<sup>-4</sup>Ω-cm)以下の領域が選択される。

【0038】この様に、発熱抵抗体4a, 4bの不純物濃度を3×10<sup>19</sup>(cm<sup>-3</sup>)以上とし、且つ、前記測温抵抗体5, 6の不純物濃度より大きく構成したことによ

り、発熱抵抗体 4 a, 4 b の抵抗率 ( $\rho$ ) を比較的小さく出来ることから発熱抵抗体の抵抗値の設計自由度が向上するとともに、測温抵抗体 5, 6 の抵抗温度係数 ( $\alpha$ ) を比較的大きく保つことが出来、測温感度の向上が図られる。

【0039】本実施例の発熱抵抗体 4 a, 4 b の抵抗値としては、電源電圧および発熱量の関係から 50 ~ 900  $\Omega$ 、測温抵抗体 5, 6 の抵抗値としては 1 ~ 5 k  $\Omega$  を選択した。

【0040】次に、本発明の第二、第三の実施例について説明する。図 9 および図 10 は、本発明の第二および第三の実施例で、空洞 8 上の電気絶縁膜 7 まで形成した熱式空気流量センサの素子 1 の平面図である。電気絶縁膜 7 を支持補強する為に下面に形成された半導体基板 2 に所定の深さに不純物ドーパ処理され空洞周辺部から突き出た梁状の支持部 3 b, 3 c, 3 d, 3 e, 3 f を破線で示している。

【0041】図 9 では、図 1 の第一の実施例の十字形の梁状の支持部 3 a, 3 b に変わり、支持部 3 c, 3 d, 3 e, 3 f を周辺部 (四方) から中心に向かって途中まで電気絶縁膜 7 を支持補強する梁状の支持部で構成している。この様に構成することにより、特に応力が集中する電気絶縁膜 7 と半導体基板 2 との境界部分を補強すると共に半導体基板 2 との熱絶縁を図ることが出来る。図 10 では、図 1 の第一の実施例と図 9 の第二の実施例の中間的な構造となっており、空洞 8 間を連結する支持部 3 b と周辺部から中心に向う支持部 3 c, 3 e により電気絶縁膜 7 を支持補強する構造となっている。この様に構成することにより、第一の実施例と第二の実施例の中間的な効果を得ることが出来る。この他にも、電気絶縁膜 7 を支持補強する梁状の支持部としては、より多数の支持部を周辺部から形成しても、周辺部から中心に向かうに従い支持部断面積が小さくなるように形成しても、支持部と半導体基板 2 との接続部を応力集中を防止する為に丸みを付ける等の構成にすることにより、更に強固に支持補強することが可能となる。

【0042】図 11 は、本発明の第四の実施例である熱式空気流量センサの素子 1 の平面図である。図 1 の第一の実施例と異なるのは、発熱抵抗体 4 の上下流に測温抵抗体 5 a, 5 b を形成したことである。この様に、発熱抵抗体 4 の上下流に測温抵抗体 5 a, 5 b を配置し、上下流の測温抵抗体 5 a, 5 b の温度差から空気流量を計測する温度差検知方式の様な場合にも、発熱抵抗体 4 の不純物濃度を  $3 \times 10^{19}$  ( $\text{cm}^{-3}$ ) 以上とし、且つ、測温抵抗体 5 a, 5 b の不純物濃度より大きくし、電気絶縁膜 7 を梁状の支持部 3 a, 3 b により支持補強することにより、空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサを低コストで提供できる。その他いかなる方式の場合においても、半導体基板 2 上に発熱抵抗体および測温抵抗体で構成された熱式空気流量センサに対して前

記した本発明が適用できることは自明である。

#### 【0043】

【発明の効果】本発明によれば、半導体基板上に電気絶縁膜を介して少なくとも発熱抵抗体及び測温抵抗体を形成して空気流量を計測する熱式空気流量センサにおいて、前記発熱抵抗体及び測温抵抗体をドーパ処理された多結晶ケイ素 (Si) 半導体薄膜で構成し、前記発熱抵抗体の不純物濃度を  $3 \times 10^{19}$  ( $\text{cm}^{-3}$ ) 以上とし、且つ、前記測温抵抗体の不純物濃度より大きくし、更に、前記半導体基板は前記電気絶縁膜境界面より下面に至る空洞を有し、前記空洞上の電気絶縁膜を前記半導体基板に所定の深さに不純物をドーパ処理され空洞周辺部から突き出た梁状の支持部により支持補強したことにより、空気温度依存及び機械強度を改善した熱式空気流量センサを低コストで提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施例の熱式空気流量センサ素子 1 の平面を示す図である。

【図 2】図 1 の素子の A-A' 断面を示す図である。

【図 3】図 1 の素子を実装した熱式空気流量センサの断面を示す図である。

【図 4】図 3 の測定素子部を拡大した図である。

【図 5】抵抗体 4 a, 4 b, 5, 6 と外部回路 20 の電気回路を示す図である。

【図 6】素子 1 の製造工程を説明する図である。

【図 7】多結晶ケイ素半導体薄膜の抵抗率 ( $\rho$ ) と不純物濃度の関係を示す図である。

【図 8】多結晶ケイ素 (Si) 半導体薄膜の抵抗温度係数 ( $\alpha$ ) と抵抗率 ( $\rho$ ) の関係を示す図である。

【図 9】本発明の第二の実施例で、空洞 8 上の電気絶縁膜 7 まで形成した熱式空気流量センサ素子 1 の平面を示す図である。

【図 10】本発明の第三の実施例で、空洞 8 上の電気絶縁膜 7 まで形成した熱式空気流量センサ素子 1 の平面を示す図である。

【図 11】本発明の第四の実施例である熱式空気流量センサ素子 1 の平面を示す図である。

【図 12】従来例の熱式空気流量センサ素子 1 の断面を示す図である。

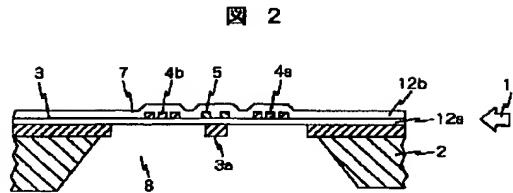
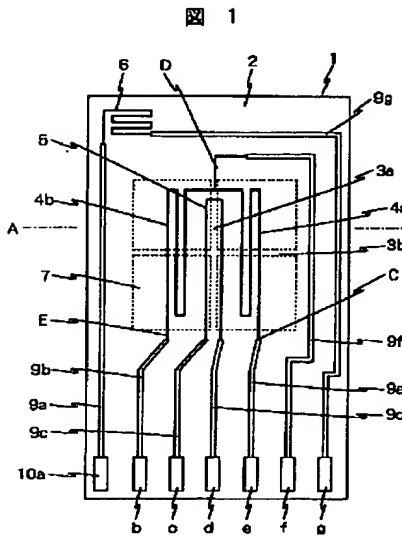
#### 【符号の説明】

1…素子、2…半導体基板、3, 3 a, 3 b, 3 c, 3 d, 3 e, 3 f…ドーパ層 (支持部)、4, 4 a, 4 b…発熱抵抗体、5, 5 a, 5 b…測温抵抗体、6, 6 a, 6 b…空気温度測温抵抗体、7, 12 a, 12 b, 13, 14, 15…電気絶縁膜、8…空洞、9, 9 a, 9 b, 9 c, 9 d, 9 e, 9 f, 9 g…配線接続部、10, 10 a, 10 b, 10 c, 10 d, 10 e, 10 f, 10 g, 21…端子電極、11…空気流、16…マスク材、17…吸気主通路、18…副通路、19…支持体、20…外部回路、22…金線、23…電源、24…

トランジスタ、25 a, 25 b, 25 c…抵抗、26…\* \* 制御回路、27…メモリ。

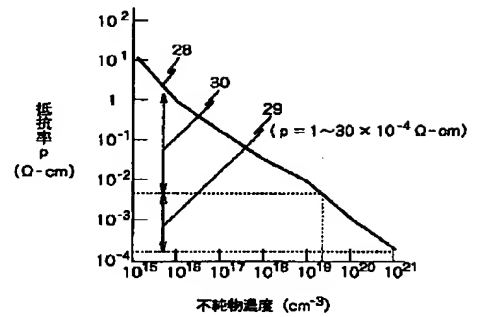
【図 1】

【図 2】



【図 7】

図 7

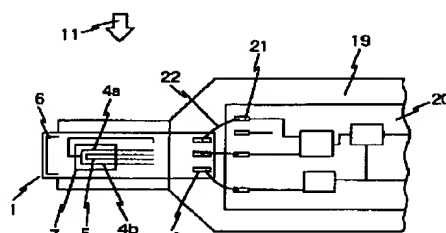
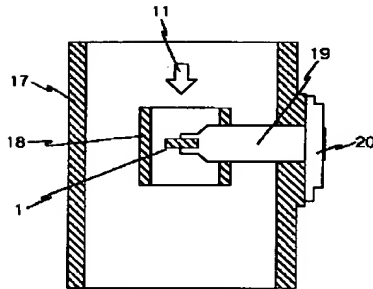


【図 3】

【図 4】

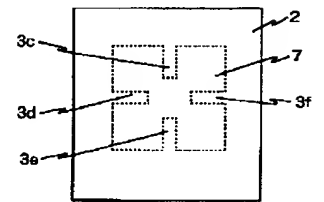
図 3

図 4



【図 9】

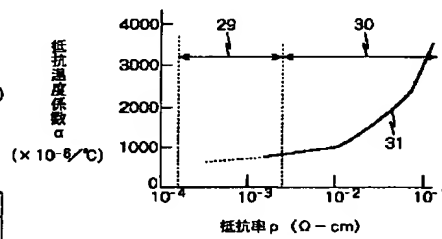
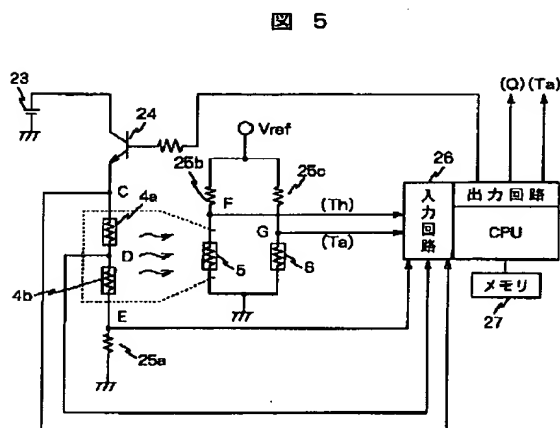
図 9



【図 5】

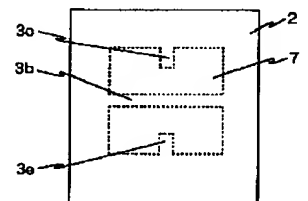
【図 8】

図 8



【図 10】

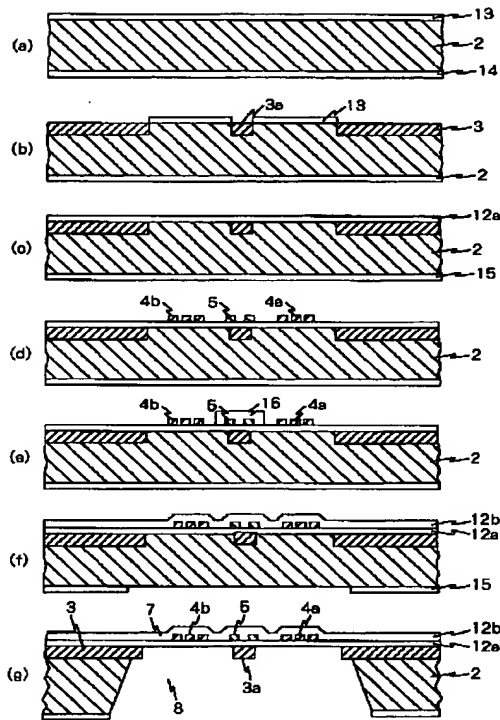
図 10





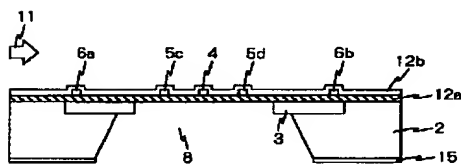
【図 6】

図 6



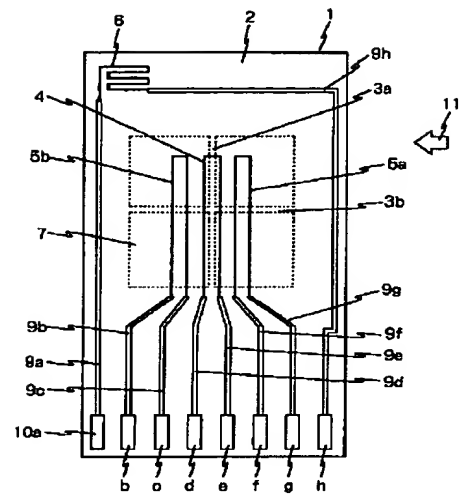
【図 12】

図 12



【図 11】

図 11



フロントページの続き

(72)発明者 中田 圭一  
 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
 式会社日立製作所自動車機器事業部内